

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Lastunkäsittelyn kehittäminen

Paakkilan Konepaja Oy

Iisakki Tukiainen

Kone- ja tuotantotekniikan opinnäytetyö

Konetekniikan suuntautumisvaihtoehto

Insinööri(AMK)

KEMI 2012

ALKUSANAT

Haluan kiittää Paakkilan Konepaja Oy:n henkilökuntaa ja erityisesti Rauno Nykästä mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta ja avusta työn aikana. Kiitän myös työn ohjaajaa Pekka Katilaa.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Iisakki Tukiainen
Opinnäytetyön nimi	Lastunkäsittelyn kehittäminen
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	16.04.2012
sivumäärä	30
Opinnäytetyön ohjaaja	Lehtori, dipl. Ins. Pekka Katila
Yritys	Paakkilan Konepaja Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Tuotantopäällikkö Rauno Nykänen

Tässä opinnäytetyössä kehityskohteena on Tuusniemen Paakkilassa sijaitsevan Paakkilan Konepaja Oy:n lastunkäsittelyjärjestelmä. Paakkilan Konepaja Oy on erikoistunut vaativaan hitsausta ja koneistusta sisältävien keskiraskaiden osakokonaisuuksien valmistamiseen. Lastunkäsittely sisältää työstössä syntyvien työstölastujen käsittelyvaiheet työstökoneelta tilanteeseen, jossa lastut jossakin muodossa ovat noudettavissa kierrätykseen. Nykyinen lastunkäsittelyjärjestelmä perustuu kippikontteihin, jotka tyhjennetään trukilla piha-alueella sijaitsevalle vaihtolavalle. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää järjestelmää automaattisemmaksi ja lisätä työturvallisuutta. Tavoitteena oli myös käsin tehtävään lastunkäsittelyyn päivittäin kuluvan työajan vähentäminen.

Opinnäytetyön tehtäviä olivat aiheeseen liittyvään teoriaan ja laitteistoihin perehtyminen, lastunkäsittelyn nykytilanteen selvittäminen, toimeksiantajalle sopivien järjestelmien kartoittaminen ja järjestelmien hankintakustannusten arvioiminen sekä lastujen briketöintilaitteiston takaisinmaksuajan selvittäminen. Tästä opinnäytetyöstä rajattiin pois lastuamisnesteen käsittely ja puhdistus sekä suunnitelmat lastunkäsittelylaitteiston sijoituksesta ja asennuksesta.

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin ja työn tuloksena syntyi ehdotus lastunkäsittelyjärjestelmästä. Ehdotuksen mukaisen järjestelmän hankintakustannukset selvitettiin ja briketöintilaitteen takaisinmaksuaikaa arvioitiin. Työn tuloksena Paakkilan Konepaja Oy sai tarjoukset ehdotuksen mukaisista laitteista ja arvion briketöintilaitteen takaisinmaksuajasta.

Asiasanat: lastuava työstö, kierrätys, työstökoneet

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Name	Iisakki Tukiainen
Title	Development of Chip Handling System
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	16 April 2012
Pages	30
Instructor	Pekka Katila, Lector (Tech.), MSc Techn
Company	Paakkilan Konepaja Oy
Contact Person/Supervisor from Company	Rauno Nykänen, Production Manager

The target for development in this bachelor's thesis was the chip handling system of Paakkilan Konepaja Oy. Paakkilan Konepaja Oy is specialized in the manufacture of medium-heavy machinery components, which require demanding welding and machining. Chip handling includes handling of the chips from machining centers to the situation when chips are in some form ready for picking up to the recycling. The current chip handling system is based on tilting buckets below chip conveyors of every machine tool. The buckets are emptied to the interchangeable container on the yard. The aim of this thesis is to develop the system more automatic and increase the safety at work. Another aim was the decreasing of the working time used for chip handling.

The objectives of this thesis consist of familiarizing oneself with theory and machinery related to the subject, figuring out the present situation of the chip handling system, finding out suitable systems for the commissioning company and evaluation of the purchasing prices for the systems and the length of the repayment period for steel chip briquetting machine. The handling and cleaning of cutting fluid and precise plans for placing and installing were excluded from this study. The aims set for the study were well achieved and as a result of the study a proposal for the improved chip handling system was arose. The purchase costs of the system in accordance with the proposal were found out and the repayment period of the briquetting machine was estimated. As a result of this study offers of machinery in accordance with the proposal and the estimation of the repayment period of the briquetting machine were received by Paakkilan Konepaja Oy.

Keywords: machining, recycling, machine tools.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO.....	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	V
1. JOHDANTO	1
2. LASTUNKÄSITTELYN TEORIAA.....	2
2.1. Kuljettimet.....	4
2.1.1. Mekaaniset kuljettimet	4
2.1.2. Alipainetoimiset kuljettimet.....	8
2.2. Lastujen murskaus	8
2.3. Leikkuunesteen erotus lastuista.....	10
2.4. Lastujen briketöinti.....	11
3. NYKYTILANTEEN SELVITYS	13
3.1. Tuotantotilat	14
3.2. Laitteet.....	15
3.3. Koneistuksessa syntyvien lastujen määrä ja laatu	18
3.4. Lastuamismesteen ominaisuudet ja kulutus	18
4. JÄRJESTELMÄEHDOTUKSET	20
4.1. Mekaaninen kuljetinjärjestelmä.....	20
4.2. Alipainetoiminen kuljetinjärjestelmä	23
4.3. Keskitetty lastunkäsittelylaitteisto.....	24
5. JÄRJESTELMIEN HANKINTAKUSTANNUKSET.....	26
6. YHTEENVETO	30
7. LÄHDELUETTELO.....	31

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

CNC	Computerized Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus
TVR 1	tuoteverstaas 1
TVR 2	tuoteverstaas 2

1. JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on Paakkilan Konepaja Oy:n lastunkäsittelyn kehittäminen. Paakkilan Konepaja Oy on keskiraskas konepaja, joka on erikoistunut vaativaan hitsausta ja koneistusta sisältävien keskiraskaiden osakokonaisuuksien valmistamiseen. Mielenkiintoinen aihe opinnäytetyölle löytyi ollessani kesätyössä kyseisessä konepajassa. Työn lähtökohtana on nykyinen lastunkäsittelyjärjestelmä, jossa työstökoneilla sijaitsevat kippikontit tyhjennetään trukilla ulkona sijaitsevalle Kuusakoski Oy:n vaihtolavalle. Tällä hetkellä työstölastua tuottavat yhdeksän vaakakaraista CNC-työstökeskusta ja kaksi CNC-sorvia.

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan lastunkäsittelyä työstökoneiden ja konepajan pihalla sijaitsevan Kuusakoski Oy:n vaihtolavan välillä. Työssä ei perehdytä lastunkäsittelyyn liittyvään lastuamismenestien käsittelyyn, muutoin kuin lastuamismenestien ostokustannusten osalta. Työn tavoitteena on löytää turvallisempia, tehokkaampia ja automaattisempia vaihtoehtoja nykyiselle järjestelmälle. Lastunkäsittelyyn päivittäin kuluva työaika pyritään vähentämään.

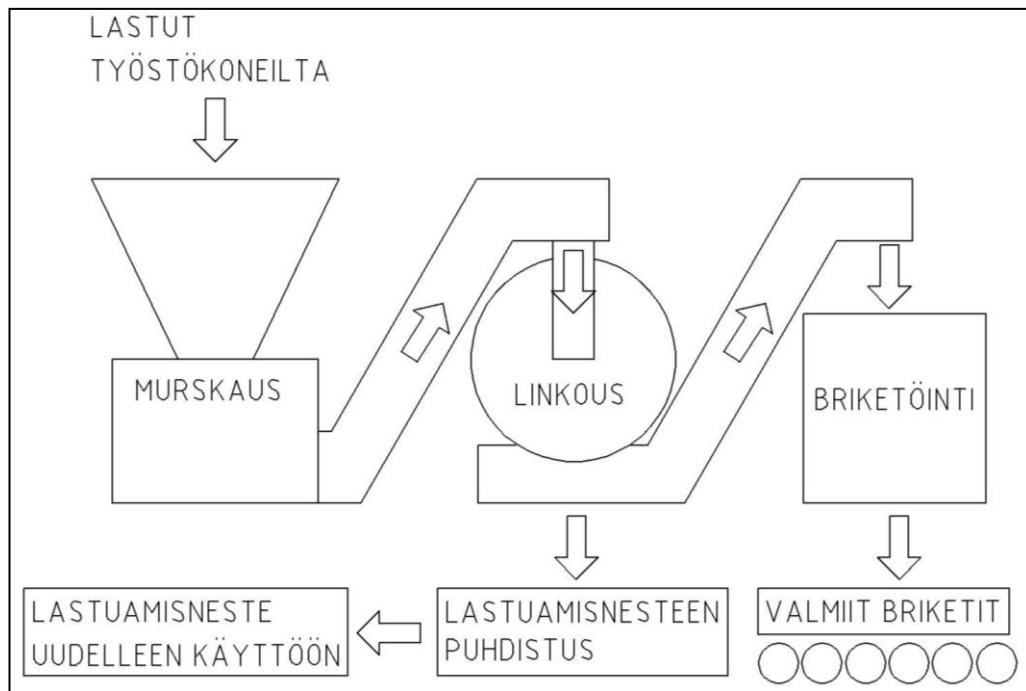
Opinnäytetyö aloitetaan perehtymällä lastunkäsittelyn teoriaan ja laitteisiin, jonka jälkeen selvitetään toimeksiantajana olevan konepajan lastunkäsittelyn nykytilanne ja syntyvä lastumäärä. Kolmas tehtävä on konepajalle soveltuvien lastunkäsittelyjärjestelmien selvitys ja järjestelmäehdotusten laatiminen. Lopuksi arvioidaan alustavasti järjestelmäehdotusten kustannuksia ja briketöintilaitteistoon sijoittamisen kannattavuutta Paakkilan Konepaja Oy:n nykyisellä lastumäärällä.

2. LASTUNKÄSITTELYN TEORIAA

Metalleja työstettäessä syntyy päätuotteen lisäksi paljon työstöjätettä. Tämä työstöjäte on metallijätettä, joka koostuu pääasiassa lastuavassa työstössä syntyvistä lastuista. Lastuavaa työstöä ovat muun muassa sorvaus, jyrsintä ja poraus. Työstöjäte on täysin kierrätettävissä uusien metallituotteiden valmistukseen, kun käytetään asianmukaista käsittelyjärjestelmää. Järjestämällä tuotantoyksikköön toimiva lastujen käsittelyjärjestelmä, saavutetaan säästöjä monella osa-alueella. Säästöä muodostaa esimerkiksi työstöaikojen pieneneminen, kun koneenkäyttäjien ei tarvitse poistaa sivutuotteena syntyviä lastuja koneelta. /6/

Keskeytymätön ja toimiva lastunkäsittelyjärjestelmä koostuu viidestä osakokonaisuudesta, jotka ovat: lastunkuljettimet, lastujen murskaus, lastujen linkoaminen, leikkuunesteiden puhdistaminen ja lastujen briketointi (Kuva 1.). Näistä koostetaan eri yritysten tarpeisiin ja tiloihin sopiva kokoonpano. /6/

Jätelain 3.12.1993/1072 mukaan kaikessa toiminnassa on pyrittävä siihen, että jätettä syntyy mahdollisimman vähän ja ettei jätteestä aiheudu merkityksellistä haittaa tai vaikeutta jätehuollon järjestämiselle eikä vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. Jäte on myös hyödynnettävä, jos se on teknisesti mahdollista ja jos siitä ei aiheudu kohtuuttomia lisäkustannuksia verrattuna muulla tavoin järjestettyyn jätehuoltoon. Ensisijaisesti on pyrittävä hyödyntämään jätteen sisältämä aine ja toissijaisesti sen sisältämä energia. /2/



Kuva 1. Keskitetyn lastunkäsittelyjärjestelmän toimintaperiaate

Lastunkäsittelyjärjestelmään sijoitetun pääoman takaisinmaksuaika on tapauskohtaista, mutta yleensä keskeytymätön lastujen käsittely maksaa itsensä nopeasti takaisin. Järjestelmän hyödyt ja säästöt ovat seuraavat:

- Saavutetaan alhaisemmat työvoimakustannukset, koska käsin tehtävät työt vähenevät.
- Tiiviimmin pakkautuvat lastut vievät vähemmän varastotilaa.
- Alhaisemmat leikkuunestekustannukset, koska lastuihin sitoutunut neste saadaan uudelleen käyttöön.
- Kuivista lastuista saatava hinta kierrätysteräsmarkkinoilla on parempi kuin linkoamattomien tai puristamattomien. /16/

Toimivalla lastunkäsittelyllä voidaan saavuttaa myös epäsuoria säästöjä. Työympäristö paranee vaarallisen ja likaisen lastunkäsittelyn muuttuessa manuaalisesta lähes automaattiseksi. Lastunkäsittelyjärjestelmässä kuivatuista lastuista ei valu ympäristölle haitallisia nesteitä. /16/

2.1. Kuljettimet

Lastunkäsittelyjärjestelmä sisältää vähintään yhden lastujen siirtämiseen tarkoitetun kuljettimen. Markkinoilla on laaja valikoima erilaisia kuljetinratkaisuja. Kuljettimia käytetään koneistuksessa syntyvien lastujen siirtämiseen työstökoneelta ensimmäiseen käsittelypisteeseen, esimerkiksi murskaimeen. Kun lastut ovat käyneet läpi käsittelyvaiheet, täytyy ne mahdollisesti vielä siirtää kuljettimella varastoitavaksi odottamaan noutoa kierrätykseen. Kuljetintyyppin valintaan vaikuttaa työstettäessä syntyvän jätteen määrä ja laatu, käytössä olevien työstökoneiden määrä ja koko sekä koneiden etäisyys keskitetystä lastunkäsittelystä. /6/

2.1.1. Mekaaniset kuljettimet

Mekaaninen kuljetin on yleisin käytössä oleva kuljetintyyppi. Nämä kuljettimet saavat käyttövoimansa yleisesti sähkömoottorista. Kuljettimet rakentuvat moduuleista, joten niistä saadaan koottua sopiva kuljetin siirtotarpeiden perusteella. Mekaanisia kuljettimia löytyy kaikentyyppisille lastuille. Mekaaniset kuljettimet ovat kestäviä, toimintavarmoja ja tarvitsevat vain vähän huoltoa. /6/

Teräsnauhakuljetin

Teräsnauhakuljetin (Kuva 2.) on hyvin yleinen ratkaisu ja sopii hyvin pitkille ja karkeille lastuille. Kuumat, kuivat tai märät lastut, poraus- tai sorvauslastut siirtyvät tehokkaasti. Teräsnauhakuljettimien ongelma on kuljettimeen leikkuunesteellä liimautuneiden työstölastujen joutuminen leikkuunestesäiliöön. Lastujen olisi tarkoitus pudota kuljettimen yläpäästä lastukaukaloon. Liimautuneiden lastujen poistamiseen on kehitetty paineilmalla toimiva lastunkuljettimen puhdistuslaite, joka kohdistaa ilmasuihkun kuljettimen alapinnalle, jossa lastujen pitäisi normaalisti irrota kuljettimesta. /3/, /5/, /6/



Kuva 2. Teräsnauhakuljetin /8/

Kolakuljetin

Kolakuljetin (Kuva 3.) sopii hienojakoisille katkolastuille ja sitä käytetään yleensä koneistuskeskusten ja jyrsinkoneiden yhteydessä. /6/



Kuva 3. Kolakuljetin /8/

Magneettikuljetin

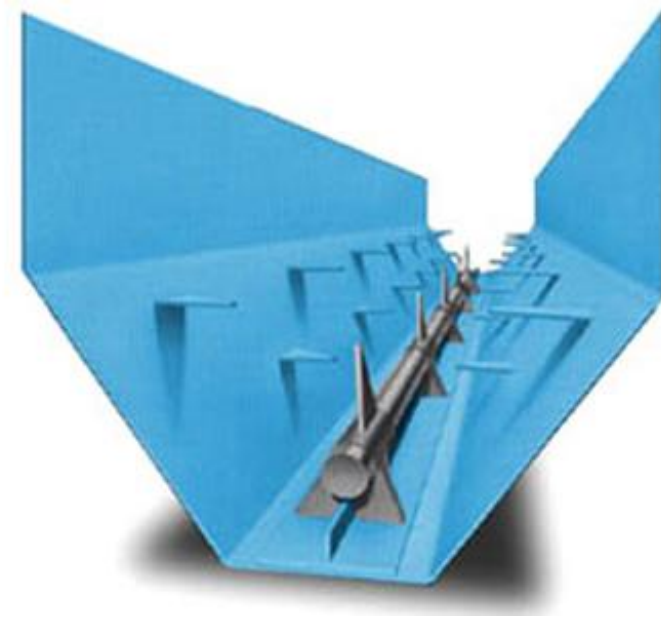
Magneettikuljetin (Kuva 4.) soveltuu levyjätteen, erittäin hienojen lastujen ja öljyisen hiomajätteen siirtämiseen. Kuljetus tapahtuu magneetin avulla. /5/, /6/



Kuva 4. Magneettikuljetin /17/

Harppuunakuljetin

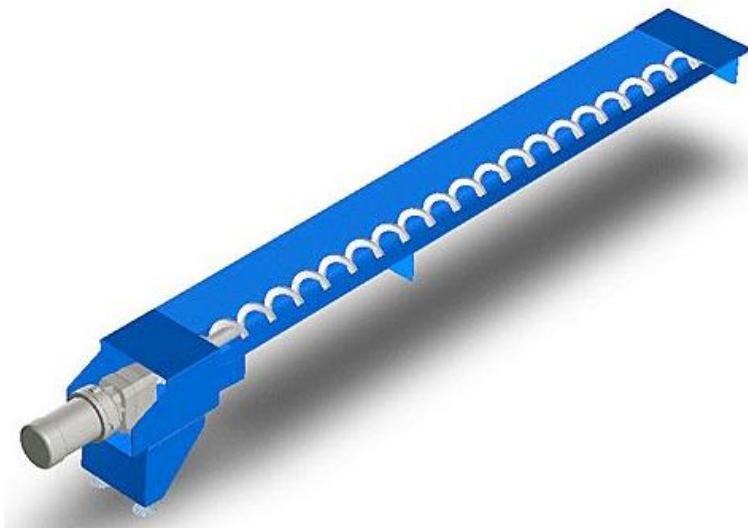
Harppuuna- eli työntötankokuljetin (Kuva 5.) soveltuu keskitettyyn lastujen käsittelyyn. Varma toiminta, pieni huollontarve ja suuri kapasiteetti ovat näiden kuljettimien etuja. /5/



Kuva 5. Harppuunakuljetin /7/

Tiivistävä ruuvikuljetin

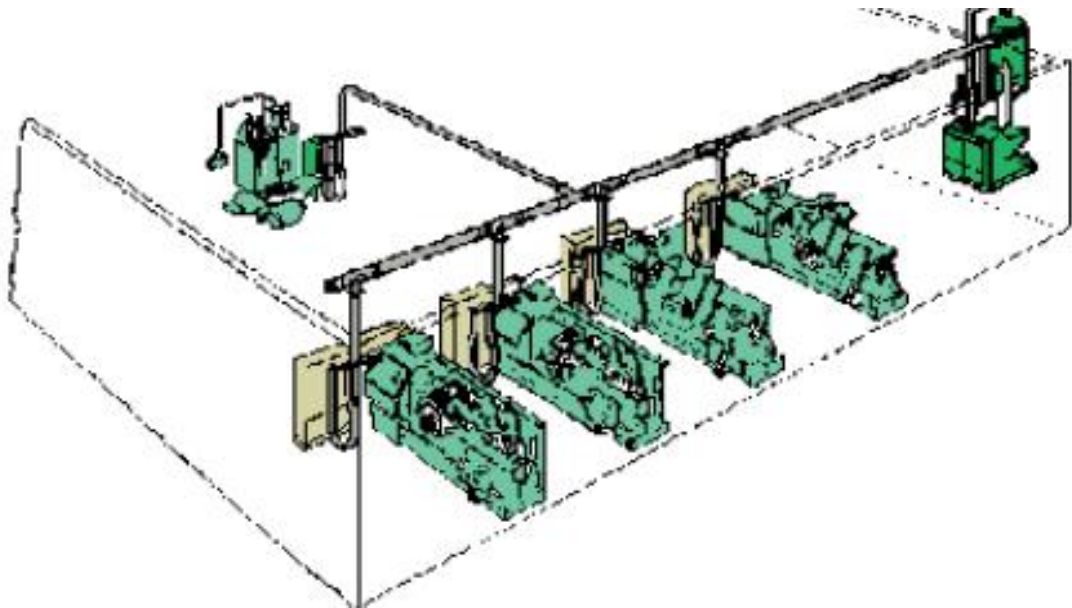
Tiivistävää ruuvikuljetinta (Kuva 6.) käytetään lastujen kuljetukseen ahtaissa olosuhteissa. Ruuvi puristaa ja siirtää lastuja eteenpäin. Puristettaessa lastuista erottuu lastuamisnestettä, joka voidaan johtaa uudelleen käyttöön. Kuljettimelta tulevat lastut voidaan esimerkiksi briketöidä suoraan ilman linkousta. /6/



Kuva 6. Ruuvikuljetin /1/

2.1.2. Alipainetoimiset kuljettimet

Siirrettäessä lastuja pitkiä matkoja käytetään alipainetoimisia kuljettimia. Alipainetoiminen kuljetin on imujärjestelmä, johon kytketään useita työstökoneita (Kuva 7.). Lastut imetään putkistoa pitkin imukeskukseen, josta ne voidaan siirtää mekaanisella kuljettimella seuraavaan käsittelyvaiheeseen, esimerkiksi briketointiin. Jos imujärjestelmään liitetään sorvi, on jatkolastut murskattava ennen imujärjestelmän putkistoa erillisellä lastunmurskaimella. Imujärjestelmällä on mahdollista siirtää lastuja jopa sadan metrin matkan. Imukeskuksessa lastuista voidaan erottaa lastuamisneste ja pumpata takaisin työstökoneille. /6/

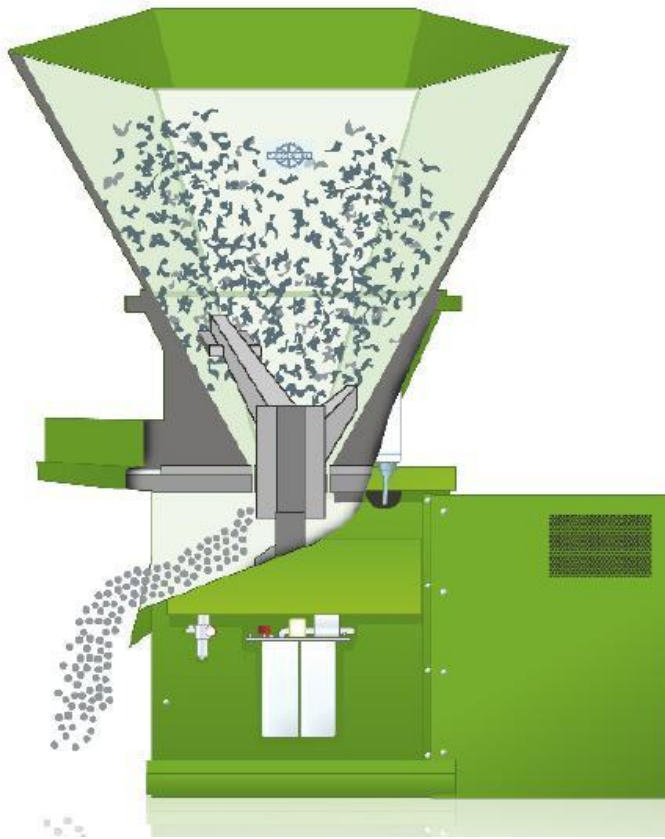


Kuva 7. Joustava imujärjestelmä työstölastujen siirtämiseen /14/

2.2. Lastujen murskaus

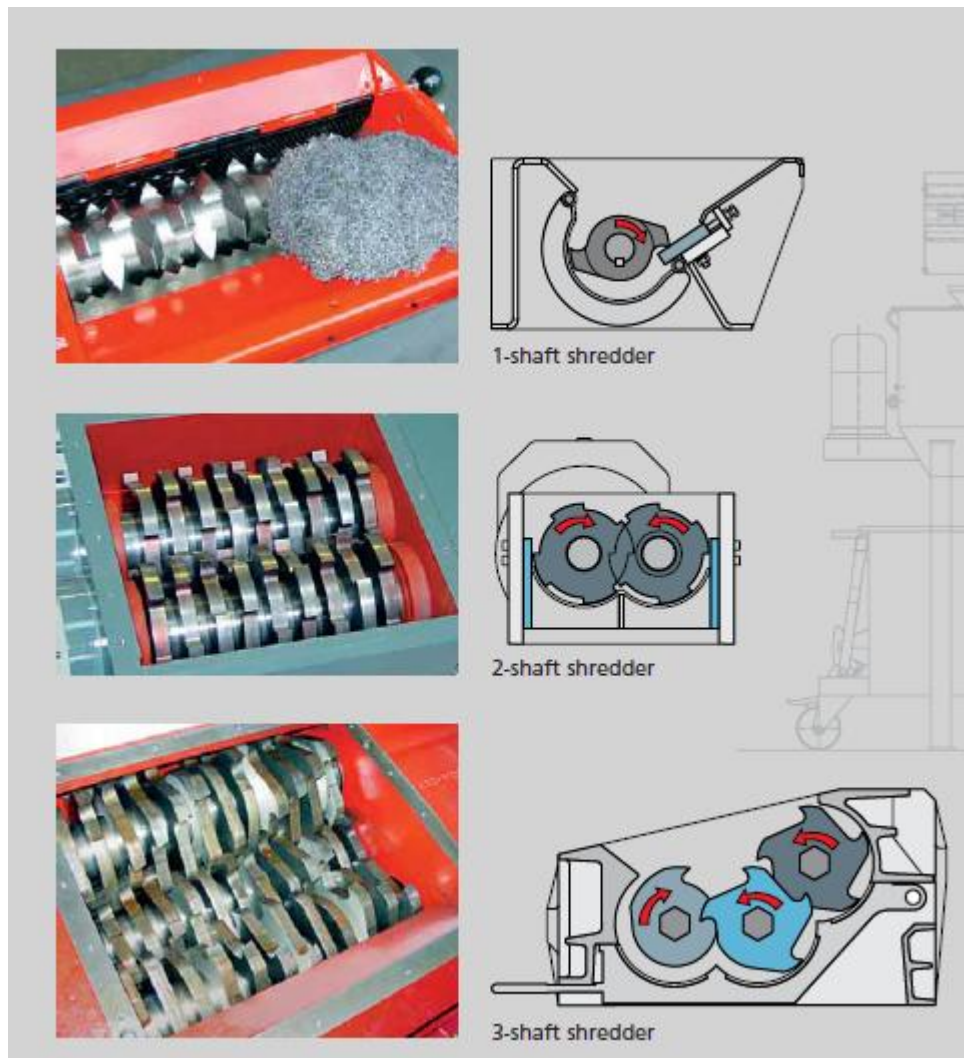
Lastut murskataan hienojakoisemmiksi, jotta ne voidaan puristaa tiiviiksi briketiksi briketointikoneessa. Jo pelkällä murskauksella saadaan lastujen tilavuutta pienennettyä jopa 80 % materiaalista riippuen. Kun lastut on murskattu, leikkuunesteen erottaminen esimerkiksi linkoamisen tai briketöinnin avulla helpottuu. /12/

Murskaimia on kahta päätyyppiä: pysty- ja vaakamurskain. Pystymurskaimessa murskainterä pyörii pystyakselin ympäri. Murskainterän ympärillä on siilomainen rakenne, joka johtaa lastut alas terälle murskattavaksi (Kuva 8.). Markkinoilla on erikokoisia murskaimia erilaisille syötettävien lastujen määrille. Laitteiden tuottama murskattujen lastujen määrä vaihtelee muutamasta sadasta kilosta noin kymmeneen tuhanteen kiloon per tunti. /12/



Kuva 8. Pystymurskain /15/

Vaakamurskain toimii hyvin samanlaisella periaatteella kuin pystymurskain. Vaakamurskaimessa murskainterät pyörivät vaaka-akseleidensa ympäri ja lastut kulkevat murskainterien läpi. Vaakamurskaimia on saatavana yksi-, kaksi- tai kolmeakselisina (Kuva 9). Kapasiteetti vaihtelee muutamasta sadasta noin viiteentoistatuhanteen kilogrammaan per tunti. /12/



Kuva 9. Yksi-, kaksi- ja kolmeakseliset vaakamurskaimet /4/

2.3. Leikkuunesteen erotus lastuista

Käytettäessä lastuamisen yhteydessä leikkuunestettä on selvää, että suuri osa lastuamismestestä tarttuu työstölastuihin. Markkinoilla on monenlaisia leikkuunesteitä, mutta ne voidaan jakaa kahteen pääryhmään. Leikkuuneste koostuu pelkästä öljystä tai öljystä ja vedestä. Öljy ja vesi yhdistelmiä eli emulsionesteitä käytetään yleisemmin. Linkoamalla lastut tarkoituksenmukaisella laitteella saadaan lastuamismestestä jopa 90 % uudelleen käytettäväksi. Tämä prosenttiosuus on perinteisillä tavoilla, eli selkeytysaltailla ja kuivattamisella vain alle 50 %. /6/

Lastulingot voidaan jakaa vaaka- ja pystymalleihin. Molemmissa hyödynnetään keskipakovoimaa nesteen erottamiseksi lastuista. Kun neste on erotettu lastuista, kuivat ja kevyet lastut poistuvat suurella kierrosnopeudella pyörivästä lingosta. Pysty- ja vaakalinkojen eroavaisuutena on ainoastaan lastulingon osien asettelu. Pystymallissa linko pyörii pystyakselin ympäri, lastut syötetään sekä poistetaan ylhäältä ja neste poistuu alaosaan. Vaakamallissa linko pyörii vaaka-akselin ympäri ja lastujen syöttö, poisto sekä nesteen poisto tapahtuvat laitteen sivulle. /6/

Lastulinkoja löytyy erilaisille lingottavien lastujen määriksi. Teräslastujen linkoamiseen laitteita löytyy 200-5000 kg/h kapasiteetilla. Yleensä lingoilla voidaan lingota teräs-, alumiini- ja valurautalastuja. Linkouksen jälkeen lastut voidaan johtaa briketointiin tai kierrätykseen. Lastuista erotettu neste johdetaan suoraan tai puhdistusyksikön kautta takaisin työstökoneille. /6/

2.4. Lastujen briketointi

Lastujen käsittelyn lopuksi murskatut lastut voidaan puristaa briketointikoneella briketeiksi (Kuva 10). Briketointi perustuu lastujen puristamiseen hydraulikan avulla tiheydeltään suuremmiksi briketeiksi. Briketin ominaispaino on noin 90 % perusaineesta. Koneilla voidaan puristaa ainakin valurauta-, teräs-, pronssi-, messinki- ja alumiinilastuja. Puristettavat lastut eivät saa olla pitkiä, eivätkä lujuudeltaan yli 300 HB. Laitteiden normaali tuotantonopeus on 3-4 brikettiä minuutissa. /15/



Kuva 10. Teräslastuista puristettuja brikettejä /13/

Briketöimällä lastujen tilavuus saadaan pienennettyä noin viidennekseen puristuksen ja leikkuunesteiden sekä ilman poistumisen avulla. Briketöinnillä voidaan säästää tilaa ja saadaan hyötykäytettyä metalli tehokkaammin kuin perinteisillä menetelmillä. Lastujen puristaminen on myös ympäristökysymys, sillä briketöitynä lastujen sulatuksessa syntyy pienemmät päästöt ja tarvitaan vähemmän energiaa. Briketöitynä lastuista maksetaan noin 30 % enemmän kuin irtolastuista. Korkeampi hinta selittyy kuivien ja tiiviiden brikettien helpomman ja taloudellisemman sulattamisen vuoksi. Pienempi lastujen tilavuus vaatii myös vähemmän kuljetus ja varastointitilaa. /12/

Lastuja briketöitäessä on huomattava, että on pyrittävä käyttämään työstössä emulsioleikkuunesteitä. Emulsiopohjaiset nesteet eroavat lastuista helpommin puristettaessa kuin öljyt ja nesteet saadaan näin helpommin uudelleenkäyttöön. Leikkuunesteiden palaessa kierrätysterästä sulatettaessa syntyy haitallisia päästöjä. Esimerkiksi rikki hapettuu rikkidioksidiksi, joka saattaa muuntua ilmakehässä rikkihapoksi. /12/

3. NYKYTILANTEEN SELVITYS

Tällä hetkellä Paakkilan Konepaja Oy:n lastunkäsittely perustuu trukeilla siirreltäviin ja tyhjennettäviin kippikontteihin. Työstölastut poistuvat työstökoneelta koneen lastunkuljetinta pitkin kippikonttiin (Kuva 12). Kaikkien työstökoneiden kippikontit tyhjennetään erikseen trukilla Kuusakoski Oy:n katetulle vaihtolavalle, joka sijaitsee ulkona ja melko kaukana tuotantotiloista (Kuva 13). Kippikonttien tyhjentäminen trukilla melko korkealaitaiselle lavalle on hankalaa ja myös turvallisuusriski. Talvella tyhjentäminen vaikeutuu lumen ja liukkauden takia. Tyhjentäminen vie myös turhaan trukinkuljettajan aikaa, koska sujuvammin järjestettynä lastunkäsittelyssä ei tarvita trukkia ollenkaan. Vaihtolava tyhjennettiin lastuista 23 kertaa vuoden 2008 aikana. Muille kierrätysteräslajeille on erilliset lavat.



Kuva 12. Työstökoneen lastukuljetin ja kippikontti



Kuva 13. Kuusakoski Oy:n vaihtolava teräslastuille

Lastuja ei nykytilanteessa kuivata eikä murskata mitenkään, joten lastut ovat vielä vaihtolavallakin lastuamisnesteestä märkiä ja olomuodoltaan tilaa vieviä. Lastujen kosteus edesauttaa korroosiota, joka taas vähentää hyödynnettävän kierrätysmateriaalin määrää. Lastuista irtoava neste valuu vaihtolavan pohjalle ja siellä sijaitsevaan säiliöön.

3.1. Tuotantotilat

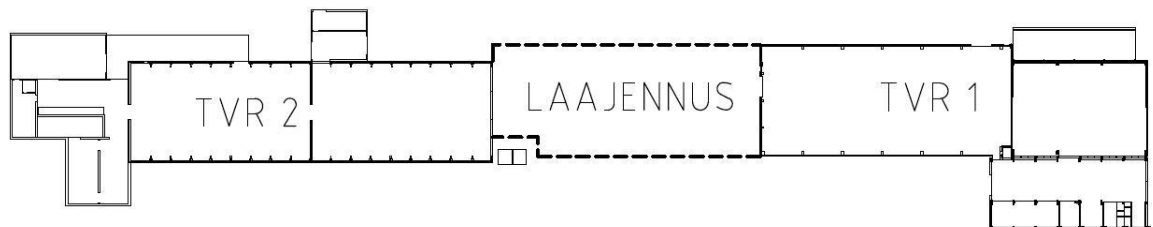
Paakkilan Konepaja Oy:n tuotantotilat sijaitsevat Tuusniemen Paakkilassa. Nykyisin tuotantotilaa on 4000 m². Tuotantotilat sijaitsevat kahdessa eri rakennuksessa, TVR1:ssä ja TVR2:ssa (Kuva 11). TVR2 on rakennuksista vanhempi ja siellä sijaitsevat seuraavat toiminnot:

- osa koneistustoiminnoista
- kokoonpano
- pintakäsittely
- hitsaus käsin ja roboteilla.

Vuonna 2007 laajennetussa TVR1:ssä sijaitsevat seuraavat toiminnot:

- suurin osa koneistustoiminnoista
- polttoleikkaus
- hitsaus käsin ja roboteilla. /11/

Konepajan TVR1 ja TVR2 hallien väliin on suunnitteilla laajennus, jonka on tarkoitus valmistua vuoden 2013 aikana. Kuvassa 11. laajennuksesta vain hahmotelma, eli lopullinen rakenne on kuvasta poikkeava. Laajennukseen on mahdollista varata tilaa myös lastunkäsittelyjärjestelmälle ja sen vaatimille kuljettimille. Lastunkäsittelyjärjestelmän sijoittuessa laajennukseen on myös vaihtolavat lastuja tai brikettejä varten sijoitettava laajennuksen seinustalle ja katettava. Vaihtolavat on päästävä tyhjentämään kuorma-autolla, eikä lavojen katos saa olla tyhjennyksen tiellä. /9/



Kuva 11. Paakkilan Konepaja Oy tuotantotilat ja laajennuksen hahmotelma

3.2. Laitteet

Levyosasto

- polttoleikkauskone ESAB Combirex CXE-P 4000, 1 plasmapolttinvaunu, Hypertherm HT2000 virtalähde, leikkauspaksuus 50 mm, 2 kaasupoltinvaunua, kaksi polttoleikkauspöytää, mitat 2000 x 6000. Nestix 2 -ohjelmalla.
- CNC-hienosädeplasma ESAB Pegasos 2000 Max 20 x 2000 x 4000 Nestix 2 -ohjelmalla
- automaattisahat 2 kpl Max 400
- levyleikkurit 1 kpl Max 10 x 2500

- CNC-särmäyspuristin 100tn x 2500 2-akselin CNC-ohjaus
- CNC-särmäyspuristin 320tn x 3000 2-akselin CNC-ohjaus.

Robottihitsaus

- hitsausporttaali ABB IRB 2400 L=4000/servotyölaite IRB2000A
- hitsausasema ABB IRB 2400 /servotyölaite IRB2000
- hitsausasema ABB IRB 2400 1/1.8 ja servotyölaite IRBP 750 SH
- hitsausasemat ABB IRB 2000 AW /servotyölaite ESAB 500A ja ESAB 500 L-2500
- hitsausasemat ABB IRB 2000AW /servotyölaite ESAB 500 L-2500
- hitsausasema ABB IRB 2000/kääntögrilli MHA 160kg.

Käsihitsaus

- Kemppi promig 510 Tig / Kempomig 400 W
- 1 kpl Pyörityspöytä PEMA 5000 (5 tn) D 1000
- 2 kpl Käsittelypöytiä PEMA SK (1,5 tn).

Lämpökäsittely

- SARLIN kiertoilmauuni jännityksenpoistohehkutukseen 1000 x 1000 x 2300.

Vaakakaraiset CNC-työstökeskukset

- Doosan ACE-HP800, 2 pal. X=1250 Y=1000 Z=1000, 60 työkalulla Fanuc OMC
- Doosan ACE-HP800, 2 pal. X=1250 Y=1000 Z=1000, 120 työkalulla Fanuc OMC
- Doosan HM 1000, 2 pal. X=2100 Y=1500 Z=1500, 120 työkalulla Fanuc 18i-MB
- Daewoo 2 pal. 1000 x 1000 X=2000 Y= 1500 Z= 1250 120 työkalulla. Fanuc 18 MC
- Daewoo 2 pal. 1000 x 1000 X=2000 Y=1120 Z=1000 60 työkalulla Fanuc OMC
- Mazatech FH-6800, 6 pal. 630 x 630 X=1050, Y=800, Z=880, 120 työkalua
- Daewoo 6 pal. 630 x 630 X=1000 Y=800 Z=850 90 työkalulla Fanuc 16 MC
- Daewoo 2 pal. 630 x 630 X=1000 Y=800 Z=850 40 työkalulla Fanuc OMC

- Daewoo ACE-HP 5000 7 pal. 500 x500 X=850 Y=700 Z=750, 120 työkalulla Fanuc 18 iMB.

CNC-sorvit

- Daewoo D-770 kv-2155 pyöriin työkaluin
- Mazak quick turn 20N, ohjaus Mazatrol CAM T -2, D 51 O/D 3 10-1037, D 80.

Manuaalikoneistus

- aarporat 1 kpl max pöytä 1000 x 1200, karan D 90, X= 1200 Y= 1000 Z=1500
- kärkisorvit: Max D 920/650-2000, kita D 1200-430, D 95.

Mittauslaitteet

- mittauslaitteet TELMA 1000 ja TELMA 500.
- esiasetuslaite ELBO E 660
- esiasetuslaite AR 1000.

Pintakäsittely

- pesu-, fosfatointi- ja passivointikammio Metalpoint 1700 x 1000 x 2700
- kuivausuuni Metalpoint 1700 x 1000 x 2700
- pulverointiasemat Metalpoint 2 kpl 1700 x 1300 x 2700
- pulverimaalauskuuni Metalpoint 2 kpl 1700 x 1800 x 2700
- raepuhalluslinja laitteineen 7000 x 4500 / 12 m
- sinkopuhalluslinja AGTOS D=1300 korkeus 1700 max 1000 kg
- pulverimaalausrata max 500 kg, kitkamaalausruisku, sähköstaattinen ruisku
- ruiskumaalaamo 8 x 12 m, max 5 tn, ovi 3000 x 3000.

Siirtokalusto

- trukit 4 kpl max 5500 kg
- siltanosturit 4 kpl max 10 tn, korkeus 6,5 m.

Lisäksi löytyvät muut tavanomaiset konepajakoneet ja laitteet. /11/

3.3. Koneistuksessa syntyvien lastujen määrä ja laatu

Koneistuksessa syntyneen työstöjätteen (Fe – E5M) määrä vuositasolla on ollut tähän mennessä suurin vuonna 2008, jolloin kierrätykseen noudettiin konepajalta 132 920 kg lastujätettä. Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja toivoi, että tätä suurinta lastumäärää käytetään laskelmissa. 2008 vuoden määrällä laskettuna jätettä syntyy keskimäärin noin 530 kg päivässä ja noin 33 kg tunnissa olettaen, että vuodessa työstökoneet käyvät 16 tuntia vuorokaudessa ja 250 päivänä vuodessa. Suurin osa työstöjätteestä syntyy TVR 1:ssä, jossa sijaitsee valtaosa työstökoneista ja myös konepajan suurimmat työstökeskukset.

Konepajassa syntyvät lastut ovat enimmäkseen lyhyitä jysintälastuja, mutta seassa on myös pidempiä lastuja sorvauksesta ja porauksesta. Lastujen materiaalit ovat pääosin yleiset rakenneteräkset ja valurauta, mutta satunnaisesti myös haponkestävä teräs EN 1.4401 (AISI 316) ja erittäin harvoin alumiini.

3.4. Lastuamismesteen ominaisuudet ja kulutus

Lastunkäsittelyyn liittyy olennaisena osana käytetyn lastuamismesteen käsittely, koska osa lastuamismestestä sitoutuu työstölastuihin. Paakkilan Konepaja Oy:ssä käytetään lastuamismesteenä Cimcool® Cimstar® 501 -yleislastuamismestettä. Kyseinen neste on kirkas, kullankeltainen, vesiliukoinen, nitriittivapaa ja mikroemulsiotyyppinen. Se soveltuu hiontaan ja työstöön kaikille rauta- ja useimmille ei-rautametalleille. Käytettävä yleislastuamismeste on tarkoitettu käytettäväksi sekä yksittäisissä koneissa että keskusjärjestelmissä.

Cimstar® 501 ominaisuudet ja edut:

- soveltuu useimmille materiaaleille ja työstömenetelmille
- hiomalaikat pysyvät puhtaina ja vapaasti leikkaavina
- erinomainen suojaus mikro-organismeja vastaan

- ei syövytä eikä tahraa alumiinia tai alumiiniseoksia
- koneet ja työkappaleet pysyvät puhtaina
- ei ole herkkä vaahtoiselle, ei savua eikä pala. /18/

Paakkilan Konepaja Oy:ssä kaikissa työstökoneissa on lastuamisnestesäiliö, joten sama neste ei kierrä eri koneilla. Työstökeskusten leikkuuneste vaihdetaan kokonaan uuteen kerran vuodessa. Lastuamisnestetiivistettä tarvitaan vuodessa yhtä työstökeskusta kohti yksi 200 litran tynnyri, jonka hinta on noin 900 €. Lisäksi tarvitaan CNC-sorvien ja manuaalikoneiden lastuamisneste. Vaihdoissa tarvitaan siis uutta lastuamisnestetiivistettä vähintään 9 kertaa 200 l öljyä eli yhteensä 1800 l, joten käytettävän tiivisteiden hinnaksi muodostuu noin 8100 € vuodessa. Tästä kuluerästä olisi mahdollista säästää tehokkaammalla puhdistuksella ja talteenotolla. Konepajassa käytettävä lastuamisneste sisältää 5 % lastuamisnestetiivistettä ja 95 % vettä. Konekohtaisesti nesteestä poistetaan kiintoaineita suodattamalla ja vuotoöljyjä öljynerottimilla. /9/

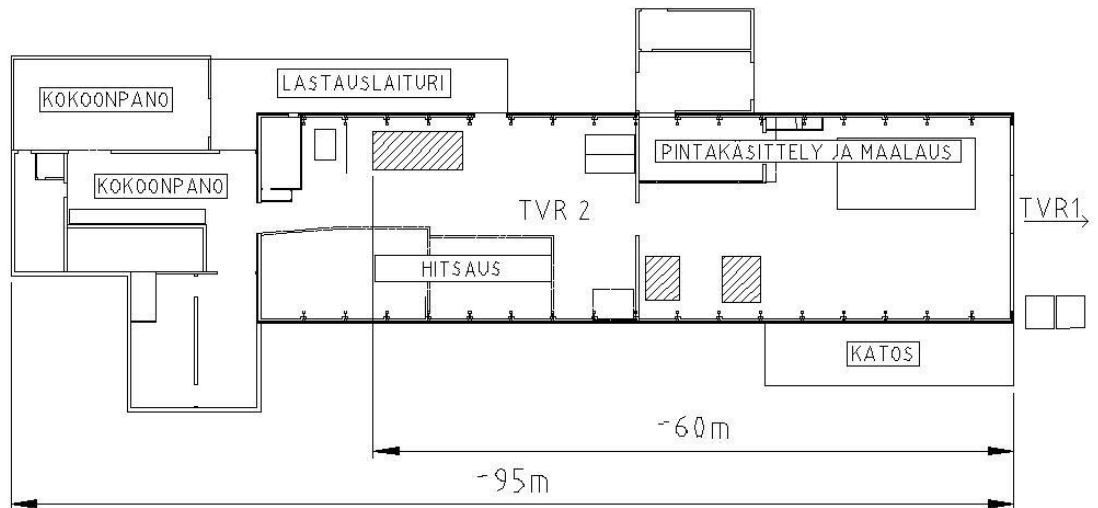
4. JÄRJESTELMÄEHDOTUKSET

Lastunkäsittelyn teoriaan ja Paakkilan Konepaja Oy:n lastunkäsittelyn nykytilanteeseen perehdyttyä luotiin ehdotuksia uudesta kehitetystä lastunkäsittelyjärjestelmästä. Erilaisista järjestelmävaihtoehdoista kysyttiin konepajan edustajien mielipiteitä ja selvitettiin laitteiden soveltuvuutta heidän lastutyypeille ja määrälle.

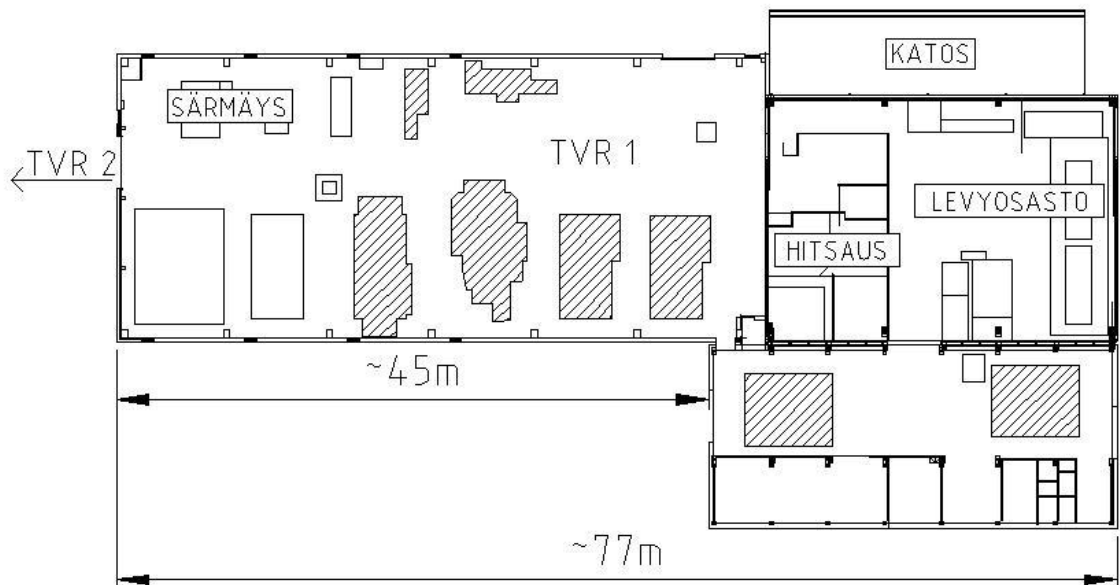
Täysin automaattisen lastunkäsittelyn toteuttaminen ainoastaan mekaanisten kuljettimien avulla on vaikeaa työstökoneiden hajanaisen sijoittelun vuoksi. Alipainetoimisen järjestelmän toimivuudesta konepajassa syntyvän tyypillisen lastutyypin kuljetuksessa ei ole varmuutta ja järjestelmien hankintakustannukset ovat korkeat.

4.1. Mekaaninen kuljetinjärjestelmä

Pitkien teräsnauha- tai lamellikuljetinten sijoittaminen halleihin lattiatasolle on lähes mahdotonta, koska kuljettimille ei ole varattu tilaa konesalien suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Koneiden sijainnit selviävät kuvista 14 ja 15. Sijainnit pitäisi suunnitella uudestaan, jotta järjestelmästä tulisi mahdollisimman automaattinen. Koneiden asettelu kuljettimien ehdoilla voi taas vaikeuttaa kappaleiden kulkua tuotannossa ja suurien koneiden siirtäminen on hidasta ja kallista. Kuljettimien asentaminen korkealle seiniin taas toisi vapautta kuljettimien sijoittamiseen, mutta silti tarvittaisiin useita erilaisia kuljettimia ja elevaattoreita.



Kuva 14. TVR2 layout (kuvassa CNC-työstökoneet merkitty vinoviivoituksella)



Kuva 15. TVR1 layout (kuvassa CNC-työstökoneet merkitty vinoviivoituksella)

Konepajan nykytilanteessa lastunkäsittelyjärjestelmä mekaanisilla kuljettimilla olisi järkevää toteuttaa nykyisien kippikonttien ja sisätiloissa sijaitsevien tyhjennyssiilojen avulla. Siilot voisivat sijaita esimerkiksi laajennusosassa ja TVR1:ssä, koska TVR1:ssä lattiataso on yli 2,5 m alempana kuin laajennuksessa. Lastukonttien kuljettaminen ylämäkeen luiskaa pitkin TVR1:stä laajennukseen tulisi olemaan hankalaa. Toisaalta korkeuseroa olisi mahdollista hyödyntää siilon sijainnin valinnassa laajennuksessa. Jos

lastunkäsittelylaitteisto voidaan asentaa TVR1:n lattiatasoon, saadaan laajennuksen siilo sopivalle korkeudelle kippikonttien tyhjennystä ajatellen. TVR1:n siilosta lastut siirtyisivät mekaanisen kuljettimen tai hissilaitteen avulla keskitettyyn lastunkäsittelyyn. Keskitetylle lastunkäsittelylle toimivin sijainti on tässä tapauksessa laajennuksessa tai TVR1:ssä tilojen välisen seinän lähellä. Näin siilot on helpoin järjestää molempiin tiloihin.

Kippikonttien tyhjennys siiloihin tulisi tapahtua mahdollisimman lähellä lattiatasoa. Kippikonttien nostaminen korkealle tyhjennettäessä aiheuttaa suuremman turvallisuusriskin kuin lähellä lattiatasoa työskentely. Kippikonttien tyhjennys matalampaan siiloon onnistuu pienemmillä laitteilla, esimerkiksi lavansiirtäjillä. Konttien tyhjennys turvallisesti onnistuu myös tarkoitukseen suunnitellulla kontinkäsittelijällä. Se nostaa kontin ylös siilon tasolle ja tyhjentää sen kippaamalla siiloon.

Tällä yksinkertaisella siilojärjestelmällä saataisiin kippikonttien tyhjennys tapahtumaan sisätiloissa. Työstölastut voidaan murskata hajautetusti jokaisen koneen kuljettimeen liitettävillä murskaimilla tai keskitetysti yhdellä isommalla murskaimella. Hajautetussa järjestelmissä työstökoneiden kippikonttien tyhjennysväli kasvaa murskattujen lastujen kasautuessa tiiviimmin konttiin. Toisaalta hajautetun järjestelmän hankinta- ja huoltokustannukset ovat huomattavasti suuremmat murskainten suuremman määrän takia. Kippikonttien avulla toteutettuna järjestelmä on yksinkertainen ja toimintavarma automaattisiin järjestelmiin verrattuna. Toisaalta manuaalista ja aikaa vievää kippikonttien käsittelyä on edelleen jonkin verran, mutta siirtomatkat lyhenevät huomattavasti, eikä kippikontin tyhjennys tapahdu ulkona. Kippikonttien siirto onnistuisi ilman apuvälineitä jos kontit varustettaisiin pyörillä, eikä siirtomatkalla olisi kaltevia osuuksia.

Mekaanisia kuljettimia on saatavilla Suomessa ainakin seuraavilta yrityksiltä:

- Industrial Trading Helsinki Oy, Mayfran tuotteet
- Process and Layout Machinery Oy, AXA tuotteet
- Kosprit Oy, kuljettimet omaa tuotantoa
- Tecalemit Oy, Nederman tuotteet
- Nurminen Tools Oy, Cromar tuotteet.

4.2. Alipainetoiminen kuljetinjärjestelmä

Alipainetoiminen kuljetinjärjestelmä ei vie paljoa lattiatilaa työstökoneiden läheisyydessä, koska kookas imukeskus voidaan sijoittaa kauemmaksi koneista ja lastunkäsittely voidaan järjestää imukeskuksen läheisyyteen. Työstökoneiden ja imukeskuksen väliset putkistot voidaan asentaa esimerkiksi hallin seiniin, joten ne eivät ole muiden toimintojen tiellä. Jos työstökoneella syntyy pitkiä lastuja, on ne murskattava ennen imuputkistoon syöttöä. Tästä aiheutuu huomattava kustannus, kun murskaimen vaativia työstökoneita on useita.

Alipainejärjestelmän imukeskus kannattaa sijoittaa konepajassa siten että imuputkistojen pituudet pysyvät mahdollisimman lyhyinä. Toimeksiantajan tiloissa keskus kannattaa sijoittaa tulevaan laajennusosaan siten, että imuputkistojen pituus molempiin suuntiin saadaan mahdollisimman lyhyeksi. Sijoituspaikka tulisi olla siis lähellä laajennuksen keskiosaa. Keskitetty lastunkäsittelylaitteisto ja imukeskus kannattaa sijoittaa toistensa yhteyteen. Näin lastujen johtamiseksi imukeskuksesta seuraavaan vaiheeseen, esimerkiksi murskaukseen, ei tarvittaisi erillistä kuljetinta.

Alipainetoiminen järjestelmä on mahdollista varustaa konekohtaisilla siivousjärjestelmillä, joilla voidaan suorittaa koneiden päivittäinen puhtaanapito ja siivous huollon yhteydessä. Imujärjestelmään voi halutessa liittää myös haitallisen öljysumun ja savun poistavan imujärjestelmän. Haittana tällaisessa järjestelmässä on eri materiaalia olevien lastujen erottelu toisistaan. Se on vaikeaa ja joissakin järjestelmissä jopa mahdotonta. Esteenä tämän järjestelmän valinnalle Paakkilan Konepaja Oy:n käyttöön voi olla myös märkien teräs- ja valurautalastujen siirtämiseen tarvittava teho ja siitä johtuen suuret ja kalliit laitteet. Imujärjestelmän kustannuksia ei arvioida, koska kustannusten selvittämiseksi tarvittaisiin lisätutkimuksia tarvittavien laitteiden kapasiteetin ja toimivuuden selvittämiseksi Paakkilan Konepaja Oy:ssä. Nykyisellä lastumäärällä ei ole järkevää sijoittaa huomattavasti mekaanista vaihtoehtoa kalliimpaan imujärjestelmään.

Alipainetoimisia materiaalinsiirtojärjestelmiä tarjoavat seuraavat yritykset ja valmistajat:

- Tecalemit Oy, Arboga Darenth tuotteet
- Suomen Imurikeskus Oy, Eurovac tuotteet

- Extor Oy, suomalainen järjestelmätarjoaja
- Bauer Watertechnology Oy, Stansz tuotteet
- Industrial Trading Helsinki Oy, Ringler tuotteet.

4.3. Keskitetty lastunkäsittelylaitteisto

Lastunkäsittely on järkevää toteuttaa kuljetinjärjestelmän jälkeen yhdellä keskitetyllä laitteistolla, eikä jokaisen työstökoneen luona erikseen. Laitteisto sisältää ainakin lastunmurskaimen. Haluttaessa murskaimen jälkeen lastut voidaan puristaa briketeiksi brikettipuristimella. Ennen briketöintiä ei välttämättä tarvita linkousta, koska neste irtaana lastuista tehokkaasti myös briketöintivaiheessa. Lastunkäsittelyn jälkeen lastut tai briketit voidaan siirtää mekaanisella kuljettimella seinän toisella puolella ulkokatoksessa sijaitsevalle vaihtolavalle. Lastunkäsittelylaitteiston toimivin sijoituspaikka on tulevassa laajennuksessa. Näin laitteisto olisi suunnilleen samalla etäisyydellä molempien suuntien kauimmaisista koneistuskeskuksista. Laitteistolle sopivaa tilaa ei löydy nykyisistä rakennuksista nykyisillä koneiden sijainneilla.

Paakkilan Konepaja Oy on kiinnostunut lastujen briketöinnistä, jos laitteistoon investoiminen on taloudellisesti kannattavaa. Lastujen briketöinnin kannattavuus on hyvin tapauskohtaista, joten ennen briketöintilaitteistoon investoimista on hyvä arvioida laitteiston takaisinmaksuaikaa. Tässä opinnäytetyössä kustannuksia ja säästöjä on arvioitu Paakkilan Konepaja Oy:n nykyisen lastumäärän ja lastuista ja briketeistä tällä hetkellä maksettavien hintojen perusteella. Takaisinmaksu muodostuu säästöistä lastuamisnesteiden ostoissa ja jätteen hävittämisestä aiheutuviin kuluihin. Briketöitynä lastut vievät vähemmän katettua varastointitilaa ja niistä saadaan parempi hinta. Hintaero irtolastujen ja brikettien välillä johtuu briketin helpommasta jatkokäsittelystä. Briketeissä on vähemmän sulatusta aiheuttavia epäpuhtauksia, kuten lastuamisnestettä.

Paakkilan Konepaja Oy:ssä brikettipuristimen ja koko lastunkäsittelylaitteiston on pystyttävä käsittelemään vähintään 70 kg/h teräslastuja. Vaikka syntyvien lastujen keskimääräinen virta on alle 35 kg/h, pitää järjestelmän pystyä hetkellisesti suurempia

määriä. 70 kg/h kapasiteettiin yltää useiden valmistajien pienimmätkin laitteet. Toimeksiantajayrityksessä syntyvät työstölastut sopivat hyvin briketöitäväksi, koska työstettävät materiaalit eivät ole liian kovia. Työstettävien materiaalien kovuus on selvästi alle 300 HB. Teräslastujen briketöintiin soveltuvia laitteita löytyy ainakin seuraavien yritysten valikoimista:

- Industrial Trading Helsinki Oy, RUF tuotteet
- Bauer Watertechnology Oy, Stansz briketöintilaitteet
- Confite Trade Oy.

5. JÄRJESTELMIEN HANKINTAKUSTANNUKSET

Kustannusarvioon mekaaniseksi kuljetinjärjestelmäksi valittiin kappaleessa 4.1. esitelty ehdotus tyhjennyssiiloista ja kuljettimista lastunkäsittelyjärjestelmään. Valintaan johti pidemmälle automatisoidun mekaanisen järjestelmän toteuttamisen vaikeus ja korkeat kustannukset. Jos päädytään toteuttamaan lastunkäsittelyjärjestelmä useammalla siilolla, tarvitaan siilojen ja keskitetyn lastunkäsittelyn välille kuljettimia.

Kuljettimien valintaan vaikuttaa toteutukseen päätyvä keskitetty lastunkäsittelyjärjestelmä sekä sen sijainti konepajassa. Tarjouksia näistä kuljettimista ei pyydetty, sillä tarvittavia mittoja ja lastumääriä ei vielä voitu määrittää riittävällä tarkkuudella.

Budjettitarjoukset järjestelmän laitteista pyydettiin Industrial Trading Helsinki Oy:stä, koska heidän valikoimistaan löytyi kaikki tarvittavat laitteet ja heitä suositeltiin Paakkilan Konepaja Oy:n puolelta. Industrial Trading Helsinki Oy on myynyt ja asentanut lastunkäsittelylaitteistoja laajalti Suomessa. Budjettitarjoukset pyydettiin hajautetulla ja keskitetyllä murskauksella toteutetuista järjestelmistä. Molemmissa tarjouksissa laitteisto toimitetaan tehdastestattuna ja koeajettuna tilaajalle. Toimituslaajuuteen sisältyvät laitteiston mekaaninen kokoonpano, sisäiset sähkökaapeloinnit sekä koeajo ja säätö tilaajan luona. Tarjousten hinnat eivät sisällä arvonlisäveroa. /10/

Keskitetty lastunmurskaus

Tarjous keskitetyllä murskauksella varustetusta järjestelmästä sisältää seuraavat laitteet:

Hissilaitteisto murskaimelle (Erdwich) 18 000 €

- nosto- ja kippauslaitteisto kippikonteille
- ohjaus integroitu murskaimen ohjaukseen
- varustettu turvaovella sekä suoja-aidalla
- edellyttää lastukonttien samanlaisuutta.

M465/2-720 Lastunmurskain (Erdwich) 63 500 €

- teräsrakenteinen syöttösuppilo hydraulisella painimella
- kaksiakselinen murskain
- seulalevy kulutusteräksestä
- teräksestä valmistettu runko-osa
- logiikkaohjaus automaattitoiminnoilla (mm. peruutus ylikuormituksessa) sekä käynnistys- ja hälytystiedoilla sekä integroinnilla kuljetinohjaukseen ja briketöintikoneeseen.
- käyttöpaneeli Siemens (paneelin kielivalinnat suomi, englanti ja saksa).

CT-2 Lamellikuljetin (Mayfran) 8 950 €

- vaihdemoottori
- runkoleveys = 568 mm.
- kuljetusleveys W = 457 mm.
- sivuohjauslevyt kuormausosalla, muuten koteloitu
- akseliväli (vertikaalinen) n. 2 700 mm.
- akseliväli (horisontaalinen) n. 3 500 mm.
- muoto D-60 astetta
- tukirakenne nousuosalla
- laitteisto-ohjaus automaatti- ja manuaalikäytöllä
- erottuvien leikkuunesteiden pumppaustankki.

Briketöintikone 11 / 3000 / 80 (RUF) 74 500 €

- logiikkaohjaus
- suomen, ruotsin- ja englanninkielinen käyttöliittymä
- kaikki toiminnot laitteiston automaattikäyttöä varten
- briketin halkaisija 80 mm. (pyöreä)
- koneen paino n. 3 300 kg.

Laitteiston hinta yhteensä 164 950 €. /10/

Hajautettu lastunmurskaus

Tarjous hajautetulla murskauksella toteutettavasta järjestelmästä sisältää seuraavat laitteet:

Lastunmurskain M400/1-400 (Erdwich) 16 500 €/kpl

- teräsrakenteinen syöttösuppilo (mitoitetaan kuljettimen purkuaukon mukaisesti)
- teräsrakenteinen purkusuppilo (mitoitetaan tilavaatimusten mukaisesti)
- vaihdemoottori sakarakytkimellä
- seulalevyn reikien koko valittavissa 12, 20 tai 30 mm.
- teräksestä valmistettu runko-osa säädettävillä tukijaloilla
- turvasensorointi
- logiikkaohjaus automaattitoiminnoilla (mm. peruutus ylikuormituksessa), käynnistys- ja hälytystiedoilla sekä integroinnilla kuljetinohjaukseen.
- tarvittavat signaalit työstökoneen ja laitteiston välillä tarkennettava konekohtaisesti.

Hissilaitteisto ja välisiilo briketöintikoneelle (RUF) 23 500 €

- nosto- ja kippauslaitteisto konteille
- sisältää laajennetun kippaussiilon lastuille, tilavuus n. 2 m³
- ohjaus integroitu briketöintikoneen ohjaukseen
- varustettu turvaovella sekä suoja-aidalla
- edellyttää lastukonttien samanlaisuutta.

Briketöintikone 11 / 3000 / 80 (RUF) 74 500 €

- sama laite kuin edellisessä tarjouksessa.

Hinta yhteensä 12 työstökoneelle laskettuna on 296 000 €. /10/

Molemmista järjestelmistä voidaan jättää hissilaite pois ja tyhjentää lastukontit trukilla. Molemmat järjestelmät tarvitsevat liitännät paineilma verkkoon ja sähköverkkoon. Tilaaja vastaa ympäristöön ja rakenteisiin tehtävistä muutoksista, laitteiston asennuspaikalle haalauksesta sekä sähkönsyötön tuonnista ja kytkennästä laitteistolle. Toimittaja määrittää vaatimukset syötöille. Tilaaja vastaa murskaimien mekaanisesta ja sähköisestä

asennuksesta konekohtaisille lastunkuljettimille. Toimittaja mitoittaa murskaimet konekohtaisesti sopivaksi. Laitteistopiirustukset toimitetaan tarkistettavaksi yhteistyössä tilaajan ja toimittajan kesken ennen laitteiston lopullista valmistusta. Toimituslaajuuteen kuuluu laitteisto-osien mekaaninen kokoonpano, sisäiset kaapeloinnit, laitteiston käyttöönotto ja testaus sekä käyttö- ja huoltokoulutus. Käyttö- ja huolto-ohjeet toimitetaan paperiversiona sekä sähköisesti. /10/

131 050 € hintaero keskitetyn ja hajautetun lastunmurskauksen välillä aiheutuu hajautetun järjestelmän 12 murskaimesta sekä kalliimmasta hissilaitteistosta ja välisiilosta. Hajautetun järjestelmän hankintakustannukset ovat korkeat, eikä murskauksen toteuttamisella hajautetusti saavuteta hintaeroon nähden merkittävää etua. Työaikaa säästyy hieman, kun lastut pakkautuvat murskattuna tiiviimmin ja kontin tyhjennysväli kasvaa.

Teräslastujen briketöintilaitteiden takaisinmaksuaika Paakkilan Konepaja Oy:ssä, oli yksi toimeksiantajan asettamista opinnäytetyön tavoitteista. Briketöintikone lastunkäsittelyjärjestelmän yhteyteen maksaa 74 500 €. Tällä hetkellä teräslastujätteestä maksettava hinta on noin 0,15 €/kg ja briketöitynä noin 0,22 €/kg. Briketistä maksettava hinta on noin 47 % suurempi kuin lastujätteestä. Laskettaessa kappaleessa 1.5. mainittu 30 % korkeampi hinta kuin irtolastulla, hinnaksi saadaan noin 0,20 €/kg.

Käytetään laskuissa vuoden 2008 lastumäärää, koska tämä oli toimeksiantajan toive. Määrä on vuositasolla suurin tähän mennessä eli noin 132 900 kg. Tällä lastumäärällä vuotuinen tulo lastujätteen myynnistä nykyisellä irtolastusta maksettavalla hinnalla on 19 935 €. Lastut briketöitynä sama myyntitulo on 29 238 €. Briketöitynä lastuista saadaan siis noin 9 300 € enemmän tuloa vuositasolla. Näillä työstölastuista saatavilla tuloilla laskettuna briketöintikoneen takaisinmaksuajaksi saadaan noin kahdeksan vuotta. Takaisinmaksuaikaa voivat lyhentää tässä laskelmassa huomioimattomat leikkuunesteen talteenotto, pienempi katetun varastotilan tarve ja pidemmät lastujätteelle tarkoitetun vaihtolavan tai lavojen tyhjennysvälit. Takaisinmaksuaikaan pidentävästi vaikuttavat esimerkiksi energia- ja ylläpitokustannukset. Takaisinmaksuaikaan vaihtelevasti vaikuttavat myös briketeistä kulloinkin maksettava hinta ja syntyvän lastun määrä.

6. YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää Paakkilan Konepaja Oy:n tarpeisiin soveltuva nykyistä kehittyneempi lastunkäsittelynjärjestelmä ja selvittää järjestelmän hankintakustannukset. Työn toimeksiantaja asetti tavoitteeksi myös briketöintilaitteeseen sijoittamisen takaisinmaksuajan arvioimisen. Työssä selvitettiin konepajassa syntyvät lastumäärät vuositasolla ja lastujätteestä saatava tulo. Erilaisia lastunkäsittelylaitteita ja kuljetinjärjestelmiä tutkittiin ja päädyttiin ehdotukseen, jossa lastunkäsittely toteutetaan nykyisten kippikonttien avulla ja hankitaan keskitetty lastunkäsittelylaitteisto. Ongelmana automaattisemman järjestelmän toteuttamisessa on työstökoneiden hajautettu sijoittelu ja järjestelmien korkea hinta syntyvään lastumäärään nähden.

Ehdotuksen mukaisesta laitteistosta pyydettiin tarjoukset Industrial Trading Helsinki Oy:stä, koska heidän valikoimistaan löytyvät tarvittavat laitteet ja Paakkilan Konepaja Oy:n edustajat suosittelivat heitä. Tarjoukset saatiin laitteistoista sekä keskitetyllä että hajautetulla murskauksella. Hajautetun murskauksen ongelma on useista murskaimista aiheutuva korkea hankintahinta. Keskitetyllä murskauksella varustettu järjestelmä on toteutuskelpoisempi vaihtoehto. Ehdotuksen mukainen järjestelmä vaatii edelleen käsin tehtävää työtä, mutta kippikonttien tyhjennykseen kuluva työaika saadaan vähennettyä.

Briketöintikoneen takaisinmaksuajan arviointia varten selvitettiin teräslastujätteestä ja lastubriketeistä maksettavat hinnat. Tarkempaan arviointiin pitäisi selvittää yksityiskohtaisemmin briketöinnillä saavutettavat säästöt ja laitteen aiheuttamat kustannukset, mutta se ei ollut mahdollista tämän työn puitteissa. Alustava arvio osoitti noin kahdeksan vuoden takaisinmaksuaikaa briketöintikoneelle. Työn aikana havaittu jatkotutkimusten kohde Paakkilan Konepaja Oy:ssä on lastuamisnesteiden puhdistus ja talteenotto.

7. LÄHDELUETTELO

- /1/ AL-industrie, Ruuvikuljetin -tuotesivu, [WWW-dokumentti], [<http://www.al-industrie.fr/en/screw-conveyors>], 17.1.2012
- /2/ FINLEX® Valtion säädöstietopankki, Jätelaki, Säädos 1072/1993, [WWW-dokumentti], [<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19931072>], 11.1.2012
- /3/ Hämäläinen, Mika, Lastut irti ilmalla, Metallitekniikka, 3/2009
- /4/ Industrial Trading Helsinki Oy, Erdwich lastunkäsittelyesite, [WWW-dokumentti], [<http://www.ith.fi/images/stories/esitteet/erdwich/erdwichlastunkasittely.pdf>], 31.1.2012
- /5/ Industrial Trading Helsinki Oy, Mayfran lastunkuljettimet, [WWW-dokumentti] [<http://www.ith.fi/200907297/konepajojen-lastunkasittelylaitteistot/mayfran.html>], 17.1.2012
- /6/ Karhunen, Arttu, Lignell, Ilari, Nousiainen, Minna, Pasanen, Toni, Puustinen, Henri, Pyykkö, Minna, Reijonen, Tero, Ruokojärvi, Arja, Leikkuunesteiden kierrätyksen ja jätehuoltopalveluiden kehittäminen kone- ja metalliteollisuudessa – LEIKKO, Tutkimusraportti 1.3.2009 – 1.12.2010, Savonia-ammattikorkeakoulu, 2011
- /7/ Miven Mayfran Conveyors Pvt. Ltd., Harppuunakuljetin -tuotesivu, [WWW-dokumentti], [http://www.mivenmayfran.com/product_more_detail.asp?product_id=54], 17.1.2012
- /8/ Nederman, [WWW-dokumentti], [<http://www.nederman.com/products/material-handling-and-separation/conveyors.aspx>], 17.1.2012
- /9/ Nykänen, Rauno, Tuotantopäällikkö, Paakkilan Konepaja Oy, Haastattelu, 20.1.2012

- /10/ Paakkilan konepaja Oy, tarjoukset lastunkäsittelylaitteista Industrial Trading Helsinki Oy:stä, 28.3.2012
- /11/ Paakkilan Konepaja Oy, verkkosivut [WWW-dokumentti],
[www.paakkilankonepaja.fi], 9.2.2012
- /12/ Puustinen, Henri, Leikkuunesteiden käytön, kierrätyksen ja jätehuollon yleisopas, 2. painos, Savonia-ammattikorkeakoulu, 2010
- /13/ Stansz Environment Systems BV, Compression units -tuotesivu, [WWW-dokumentti],
[<http://www.stansz.nl/en/1/products.aspx?cId=88>], 9.2.2012
- /14/ Tecalemit Environment, Arboga-Darenth Swarf handling for fms -esite, [WWW-dokumentti], [[http://www.tenvironment.fi/sites/default/files/VacuumSystems for FMS WEB.pdf](http://www.tenvironment.fi/sites/default/files/VacuumSystems%20for%20FMS%20WEB.pdf)], 31.1.2012
- /15/ Tecalemit Environment, Arboga-Darenth yleisesite, [WWW-dokumentti],
[[http://www.tenvironment.fi/sites/default/files/Arboga yleisesite 161008 WEB\(1\).pdf](http://www.tenvironment.fi/sites/default/files/Arboga%20yleisesite%20161008%20WEB(1).pdf)], 31.1.2012
- /16/ Tecalemit Environment, Hinnasto 15.12.2011, [WWW-dokumentti]
[[http://www.tenvironment.fi/sites/default/files/Tecalemit Environment Hinnasto\(1\).pdf](http://www.tenvironment.fi/sites/default/files/Tecalemit%20Environment%20Hinnasto(1).pdf)], 17.1.2012
- /17/ Tekupit Oy, Lastunkäsittely-esite, [WWW-dokumentti]
[<http://www.tekupit.fi/kuvat/lastunkasittely.pdf>], 31.1.2012
- /18/ Työkalupalvelu - Toolservice Grönlund Oy, Hiomatarvikkeet Teollisuustarvikkeet
Hinnasto, 02/2007